

**Simultaneous measurement of multiple system parameters for a flowing liquid, such as may be required for medical diagnostics, or on-line process monitoring**

**Publication number:** DE19901041 (A1)

**Publication date:** 2000-07-27

**Inventor(s):** PROGHOSIAN ARSHAK [DE]; SCHOENING MICHAEL JOSEF [DE]; SCHROTH PETER [DE]; SCHULTZE JOACHIM WALTER [DE]; LUETH HANS [DE] +

**Applicant(s):** FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH [DE] +

**Classification:**

- international: G01F1/704; G01F1/708; G01N27/44; G01F1/704; G01N27/42; (IPC1-7): G01N27/06; G01N27/28; G01N27/333; G01N27/414

- European: G01F1/704D1; G01F1/708; G01N27/44

**Application number:** DE19991001041 19990114

**Priority number(s):** DE19991001041 19990114

**Also published as:**

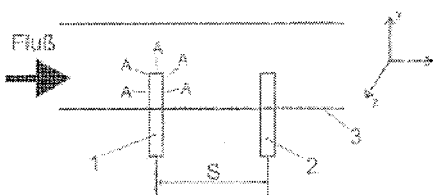
DE19901041 (B4)

**Cited documents:**

DE19643817 (A1)

**Abstract of DE 19901041 (A1)**

An arrangement for measurement of physical parameters for liquids comprises a generator (1), a detector (2), and a liquid flow channel (3). The generator and detector devices extend into the liquid in the channel and are mutually separated by a distance (S). The generator produces a chemical at concentrations which are detectable, after a time interval, by the device (2). An independent claim is included for a measurement process in which a concentration of a chemical is produced by a generator at an instant (t1), that this concentration is measured after an interval by a detector, that the time (t2) is registered when the detected concentration reaches a pre-determined threshold value, and that the interval (t2-t1) is calculated. Typical generator functions are production of ions (e.g.  $H^{+}$ ,  $OH^{-}$ ), gases (e.g.  $O_2$ ,  $H_2$ ), using gold, platinum or iridium electrodes. The detector electrode may be an ion selective electrode, an ion sensitive field effect transistor (ISFET), or an EIS (electrolyte-insulator-semiconductor), etc. The arrangement can incorporate sensors which allow measurement of liquid temperature (semiconductors), pressure (capacitance sensors), flow rate, electrical conductivity (semiconductors), oxygen content (Clark Electrode), carbon dioxide content, etc.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑩ **Offenlegungsschrift  
DE 199 01 041 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 N 27/28**  
G 01 N 27/333  
G 01 N 27/414  
G 01 N 27/06

②① Aktenzeichen: 199 01 041.2  
②② Anmeldetag: 14. 1. 1999  
②③ Offenlegungstag: 27. 7. 2000

**DE 199 01 041 A 1**

⑦① Anmelder:  
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
COHAUSZ & FLORACK, 40472 Düsseldorf

⑦② Erfinder:  
Proghossian, Arshak, Dr., 40479 Düsseldorf, DE;  
Schöning, Michael Josef, Dr., 52428 Jülich, DE;  
Schroth, Peter, 52064 Aachen, DE; Schultze,  
Joachim Walter, Prof. Dr., 40221 Düsseldorf, DE;  
Lüth, Hans, Prof. Dr., 52076 Aachen, DE

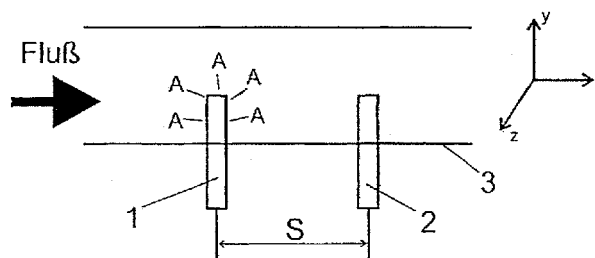
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 196 43 817 A1  
PROFOS, Paul, PFEIFER, Tilo: Handbuch der  
industriellen Meßtechnik, R. Oldenbourg Verlag  
München Wien 1992, S. 728-729;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Vorrichtung und Verfahren zum Messen von Meßgrößen in einer Flüssigkeit**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen von Meßgrößen in einer Flüssigkeit mit einem Generator (2), mit mindestens einem Detektor (2) und mit einem die Flüssigkeit aufnehmenden Kanal (3), wobei der Generator (1) und der mindestens eine Detektor (2) zumindest teilweise in den Innenraum des Kanals (3) hineinragen und mit einem vorgegebenen Abstand (S) zueinander angeordnet sind, bei der das technische Problem, bei einem einfachen Aufbau die Zuverlässigkeit und Stabilität einer solchen Vorrichtung zu erhöhen und gleichzeitig externe und interne Störungen besser kompensieren zu können, dadurch gelöst ist, daß der Generator (1) eine chemische Substanz (A) erzeugt, deren Konzentration der mindestens eine Detektor (2) zeitaufgelöst nachweist. Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Messen physikalischer Meßgrößen in einer Flüssigkeit, bei dem vom Generator zu einem Zeitpunkt ( $t_1$ ) eine chemische Substanz erzeugt wird, bei dem vom Detektor die Konzentration der chemischen Substanz zeitaufgelöst gemessen wird, bei dem ein Zeitpunkt ( $t_2$ ) bei Einreichen einer vom Detektor nachgewiesenen Konzentration oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes bestimmt wird, und bei dem die Zeitdifferenz ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ) bestimmt wird.



**DE 199 01 041 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen physikalischer Meßgrößen in einer Flüssigkeit.

Es sind Meßanordnungen für strömende Flüssigkeiten bekannt, die z. B. in der industriellen Prozeßkontrolle, im Fahrzeugbau, in der Medizintechnik, in der Mikrosystemtechnik, in der chemischen Analytik sowie im Umweltschutz eingesetzt werden können. Mit dieser Anordnung lassen sich charakteristische physikalische Kenngrößen in strömenden Medien, wie Fließgeschwindigkeit und ihre Verteilung, Drehgeschwindigkeit, Drehrichtung, Flußrichtung und -winkel, Flußrate, Leitfähigkeit sowie chemische Kenngrößen, wie Ionenkonzentration und -zusammensetzung sowie gasförmige Substanzen einzeln und/oder simultan nachweisen.

Die exakte Bestimmung der Durchflußgeschwindigkeit bzw. der Flußrate ist insbesondere dann von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht, Kalibrier- und Meßlösungen genau zu dosieren, beispielsweise für den Einsatz von Mikropumpen.

Im Stand der Technik sind verschiedene Prinzipien und Anordnungen beschrieben, um unterschiedliche chemische und physikalische Kenngrößen simultan zu detektieren. Dabei werden gerade in der Medizintechnik komplette Mikrosysteme, sogenannte Mikroanalysesysteme oder micro-total-analysis-systems verstärkt eingesetzt. Mit diesen Anordnungen lassen sich beispielsweise unterschiedliche Parameter in Flüssigkeiten bestimmen. Typische Parameter stellen dabei physikalische Größen, z. B. Druck, Flußrate, Temperatur, und Leitfähigkeit, und chemische Größen, wie pH, O<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Gehalt, dar. Üblicherweise werden hierzu abwechselnd Kalibrierlösungen und Meßlösungen durch die Meßanordnung gepumpt und überwacht. Eine externe Flußkontrolle ist somit in der Regel unumgänglich. Den Stand der Technik siehe beispielhaft in P. Norlin, O. Öhmann, B. Ekström, L. Forssen, "A chemical micro analysis system for the measurement of pressure, flow rate, temperature, conductivity, UV-absorption and fluorescence" in Sensors and Actuators B 49 (1998) f 34-39.

Um all diese Parameter simultan erfassen zu können, benötigt man bisher eine große Anzahl von verschiedenen Sensoren und Sensortypen auf der Basis unterschiedlich sensibler Materialien unter dem Einsatz verschiedener Technologien. Diese machen die verwendeten Systeme einerseits sehr teuer, und setzen andererseits die Zuverlässigkeit stark herab. Übliche Nachweisprinzipien sind im folgenden aufgelistet:

- O<sub>2</sub> wird mittels einer Clark-Elektrode nachgewiesen,
- CO<sub>2</sub> sowie Ionen und Metabolite lassen sich mit ionenselektiven Elektroden oder ISFETs bestimmen,
- die Druckbestimmung erfolgt üblicherweise mit kapazitiven Sensoren und
- die Temperaturerfassung mit Halbleiterdioden oder Schichtwiderständen.

Für die Leitfähigkeitsmessung nutzt man Interdigitalelektroden und/oder Halbleitersensoren. Für die Flußratenbestimmung bzw. Fließgeschwindigkeit wird üblicherweise ein Druck- oder Temperatursensor verwendet.

In sämtlichen bekannten Anordnungen greift man auf eine große Anzahl verschiedener Sensoren zurück, wobei physikalische Sensorprinzipien für den Nachweis physikalischer Kenngrößen verwendet werden und chemische Sensorprinzipien für den Nachweis chemischer Parameter eingesetzt werden.

Nachteilig ist in allen Fällen jedoch die Tatsache, daß sich durch die Vielzahl der Sensoren eine störende gegenseitige Beeinflussung der unterschiedlichen Sensortypen nicht ausschließen läßt. Deshalb ist es häufig nicht möglich, alle Sensoren innerhalb des Systems einzusetzen.

Daher liegt der vorliegenden Erfindung das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Messen physikalischer Meßgrößen in einer Flüssigkeit derart weiterzubilden, daß bei einem einfachen Aufbau die Zuverlässigkeit und Stabilität einer solchen Vorrichtung bzw. eines solchen Verfahrens erhöht wird und gleichzeitig externe und interne Störungen besser kompensiert werden können.

Das zuvor aufgezeigte technische Problem wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 7 gelöst. Weitere Merkmale der Erfindung sind in abhängigen Unteransprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß mit jeweils einem einzigen chemischen Sensortyp, z. B. einem chemischen Sensor auf der Basis einer ionenselektiven Elektrode oder einem ionensensitiven Feldeffekttransistor (ISFET) oder einer EIS- (Electrolyte-Insulator-Semiconductor) Struktur oder einer ähnlichen Anordnung, die unterschiedlichen, oben beschriebenen unterschiedlichen physikalischen und chemischen Kenngrößen erfaßt werden können.

Daher ist die erfindungsgemäße Vorrichtung einfach miniaturisierbar, z. B. in Form von halbleiterbasierten Sensoren. Aufgrund der Kompatibilität zur Halbleitertechnologie läßt sich die Erfindung kostengünstig und als Massenprodukt herstellen. Eine direkte Ankopplung oder Integration an Mikrosysteme ist möglich. Die Meßanordnung ermöglicht weiterhin eine direkte Anbindung, d. h. Integration der Mikroelektronik in unmittelbarer Nähe zu der Meß- bzw. Sensorstruktur, beispielsweise in Form einer Hybridanordnung. Aufgrund der Miniaturisierbarkeit kann die Erfindung vorteilhaft kleine Signale und Signaländerungen qualitativ und quantitativ bei einer gleichzeitig schnellen Ansprechzeit detektieren. Die Erfindung kann nutzbringend auf einem einzigen Transducerprinzip, z. B. der ionenselektiven Potentiometrie, der Amperometrie oder dem in Halbleiterbauelementen auftretenden Feldeffekt basieren.

Weitere Merkmale, Vorteile und Eigenschaften der Erfindung werden durch eine detaillierte Darstellung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1a) ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung und b) den zeitlichen Verlauf des Generatorsignals und des Detektorsignals in einer schematischen graphischen Darstellung,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung,

Fig. 3 eine Differenzschaltung zur Auswertung der Meßsignale des zweiten Ausführungsbeispiels in einer schematischen Darstellung,

Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung und

Fig. 5a) ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung und b) ein Ersatzschaltbild für das vierte Ausführungsbeispiel.

Fig. 1 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Messen physikalischer Meßgrößen in einer Flüssigkeit. Die Vorrichtung weist einen Generator 1, der chemische Substanzen A generiert, und einen chemisch-sensitiven Detektor 2 für die je-

weils generierte chemische Substanz auf. Der Generator 1 und der Detektor 2 sind in einem Kanal 3 in einer Distanz S voneinander angebracht, wobei der Kanal 3 die zu analysierende Flüssigkeit enthält. Das Funktionsprinzip dieser Meßanordnung kann wie folgt dargestellt werden:

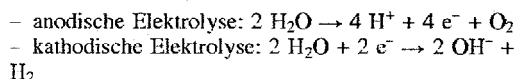
Zum Zeitpunkt  $t_1$  tritt der Generator 1 in Funktion und generiert bestimmte chemische Substanzen A, wie Ionen (z. B.  $H^+$ ,  $OH^-$ , etc.) oder Gase (z. B.  $O_2$ ,  $H_2$ , etc.) oder ähnliches: Daraus resultiert als Ergebnis eine lokale Konzentrationsänderung dieser chemischen Spezies in unmittelbarer Nähe des Generators 1. Diese Konzentrationsänderung breitet sich innerhalb des Kanals 3 aus und der Detektor 2 mißt die Konzentration der chemischen Spezies zeitaufgelöst.

Wenn nun die Flüssigkeit durch den Kanal 3 fließt, transportiert sie diese an der Elektrode des Generators 1 generierte chemische Substanz aufgrund der Strömung. Die Substanz erreicht den in Fließrichtung angeordneten Detektor 2 zu einem Zeitpunkt  $t_2$  und wird dort von dem chemisch-sensitiven Detektor 2 erfaßt. Als Ergebnis ändert sich folgenderweise das Ausgangssignal des Detektors, wobei der Zeitpunkt  $t_2$  dann definiert wird, wenn das Ausgangssignal einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt. Die Zeitdifferenz  $\Delta t = t_2 - t_1$ , die benötigt wird um den Detektor zu erreichen, hängt dabei von der Fließgeschwindigkeit ab. Dies bedeutet, daß die Fließgeschwindigkeit anhand der Messung von  $\Delta t$  ermittelt werden kann. Als Einflußgröße geht hierbei der Abstand S ein. Die Flußrate läßt sich direkt aus der Fließgeschwindigkeit bei bekanntem Querschnitt des Kanals 3 berechnen.

Das gleiche Funktionsprinzip läßt sich außerdem für die Bestimmung der Drehgeschwindigkeit mittels eines Drehgeschwindigkeitssensors in strömenden und sich drehenden Medien einsetzen. Dadurch läßt sich bspw. die Ausbildung von Turbulenzen an Strömungsrichtungsänderungen überwachen oder die Stärke der Drehung einer von einem Rührer angetriebenen Flüssigkeit kann gemessen und somit überwacht werden.

Wird dagegen die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung bei einer innerhalb des Kanals 3 ruhenden Flüssigkeit verwendet, so kann aus der Zeitdifferenz  $\Delta t = t_2 - t_1$  die Größe der Diffusion der vom Generator 1 erzeugten chemischen Substanz innerhalb der Flüssigkeit bestimmt werden.

Als Generierungsprinzip lassen sich beispielsweise Oxidations- bzw. Reduktionsreaktionen, die Elektrolyse von Wasser und andere ionengenerierende Prozesse nutzen. Als Generatormaterialien können Edelmetallelektroden (z. B. Au, Pt, etc.),  $IrO_2$  oder andere bekannte ionen- oder gasgenerierende Schichten oder Schichtsysteme eingesetzt werden. Reaktionsmechanismen hierzu sind exemplarisch:



Als Detektor können verschiedene Transducerprinzipien, wie die Potentiometrie (z. B. ionenselektive Elektroden oder Feldeffektstrukturen, auch auf der Basis von strukturierten oder porösen Oberflächen), Amperometrie, Impedimetrie, Konduktometrie, gassensitive, massensensitive oder magnetische Effekte eingesetzt werden.

Fig. 2 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel in schematischer Form. Es handelt sich um die Meßanordnung eines Fließrichtungssensors zur gleichzeitigen Messung der Fließgeschwindigkeit und der Fließrichtung. Die Vorrichtung weist einen Generator 1 für eine chemische Substanz A wie im ersten Ausführungsbeispiel und zwei chemisch-sensitiven Detektoren 2 und 4 für die generierte Spezies A auf. Die Detektoren 2 und 4 sind in einem Kanal 3

in einer Distanz  $S_1$  und  $S_2$ , vorzugsweise  $S_1 = S_2 = S$  voneinander von dem Generator 1 angebracht. In Abhängigkeit von der mit dem Pfeil dargestellten Flußrichtung wird nun die generierte chemische Substanz A von dem in Fig. 2 rechtsseitig angeordneten Detektor 2 erfaßt, wogegen der Detektor 4 lediglich aufgrund von Diffusion innerhalb der Flüssigkeit erhöhte Konzentration der chemischen Substanz A nachweist. Somit können Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung gleichzeitig ermittelt werden. Für die meßtechnische Erfassung kann dazu eine Differenzschaltung verwendet werden, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist.

Diese Differenzanordnung erlaubt weiterhin die Drift der Detektoren, äußere und innere Temperatureinflüsse und den Einfluß von störenden Diffusionsprozessen auf die Parameter der Meßanordnung zu minimieren oder im wesentlichen vollständig zu kompensieren, um damit den Meßbereich zu vergrößern und/oder die Meßgenauigkeit zu verbessern.

Fig. 4 zeigt schematisch ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, das einem Fließgeschwindigkeitsverteilungssensor entspricht. Die Vorrichtung weist ein Array aus Fließgeschwindigkeitssensoren, aufgebaut aus Generatoren  $G_1$  bis  $G_n$  für eine oder mehrere chemische Spezies A, und einen chemisch-sensitiven Array aus Detektoren  $D_1$  bis  $D_n$  für die jeweils generierte Spezies bzw. Substanzen. Sowohl die Generatoren  $G_1$  bis  $G_n$  als auch die Detektoren  $D_1$  bis  $D_n$  befinden sich räumlich verteilt in y- oder z-Richtung in einer Distanz S voneinander entfernt in dem Kanal 3. Die Ausbildung von einzelnen Generatoren  $G_1$  bis  $G_n$  ist nicht zwingend erforderlich, ein Generator 1 mit einer entsprechend ausgedehnten Oberfläche erfüllt ebenfalls die Anforderungen eines Fließgeschwindigkeitsverteilungssensors. Dieses gilt ebenso für einen großflächigen Sensor 2, auf dessen Oberfläche orts aufgelöste Meßsignale aufgenommen werden können.

Im Falle eines laminaren Flusses ist das Geschwindigkeitsprofil parabolisch. Strömungsanteile mit derselben y- oder z-Koordinate mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten transportieren die jeweils generierte chemische Substanz mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten. Dadurch läßt sich die Fließgeschwindigkeitsverteilung anhand der Zeitdifferenzen  $\Delta t = \Delta t_1 \dots \Delta t_n$ , die benötigt werden, damit die generierten chemischen Spezies die jeweiligen Detektoren bzw. das Array von Detektoren erreichen, berechnen.

Aber auch für nicht laminare Strömungen kann der Fließgeschwindigkeitsverteilungssensor verwendet werden. In diesem Fall kann auch ein Generator  $G_1$  oder ein Generator 1 mit kleiner Fläche verwendet werden, um eine annähernd punktförmige Quelle für chemische Substanzen A zu bilden, deren räumliche Verteilung aufgrund von Turbulenzen mit dem Array  $D_1 \dots D_n$  oder dem großflächigen Sensor 2 nachzuweisen.

Fig. 5a zeigt schematisch ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, das einem Leitfähigkeitssensor entspricht, während Fig. 5b das vereinfachte Ersatzschaltbild dieses Leitfähigkeitssensors darstellt. Der Leitfähigkeitssensor kann in die Meßanordnungen entsprechend der ersten drei Ausführungsbeispiele integriert sein. Der Leitfähigkeitssensor weist zwei identische Sensoren  $T_1$  und  $T_2$  auf, beispielsweise zwei EIS- (Electrolyte-Insulator-Semiconductor) Sensoren, die planar, strukturiert oder porös ausgebildet sein können oder aus vergleichbaren Feldeffektstrukturaranordnungen, wie z. B. Feldeffekttransistoren. Die Sensoren  $T_1$  und  $T_2$  entsprechen den Bauteilen des Generators 1 und des Detektors 2 oder zweier Detektoren 2 und 4, wie sie zuvor beschrieben worden sind, und sind in einem Abstand P voneinander angeordnet. Im Falle der strukturierten oder porösen EIS-Sensoren läßt sich aufgrund der ver-

größerten Oberfläche bspw. die Kapazität und damit das Meßsignal erhöhen, was vorteilhaft eine kleinere Sensorgroße und/oder eine bessere Auflösung des Meßsignals zur Folge hat.

Die Sensoren  $T_1$  und  $T_2$  sind außerhalb des Kanals 3 über eine Spannungsversorgung 5 und vorzugsweise ein Strommeßgerät 6 elektrisch miteinander verbunden sind.

Im Ersatzschaltbild in Fig. 5b ist  $Z_f$  die Faraday-Impedanz,  $C_{dl}$  die Doppelschichtkapazität,  $R_{el}$  der Widerstand der Lösung,  $C_i$  die Kapazität der Isolatorschicht oder -schichten,  $C_d$  die Raumladungskapazität im Halbleiter und  $R_s$  der Bulkwiderstand des Halbleiters.

Aus Fig. 5a wird das Meßprinzip der Meßanordnung in der Lösung deutlich: Die Gesamtimpedanz dieses Leitfähigkeitssensors wird wechsellängs- oder wechsellängsmäßig bei vorgegebener Frequenz und Amplitude gemessen und der resultierende Wechselstrom- oder Wechselspannungsanteil läßt sich der Leitfähigkeit der zu untersuchenden Meßlösung  $\kappa_{el}$  zuordnen. Abhängig von der verwendeten Meßfrequenz und dem Meßbereich von  $R_{el}$  und vom verwendeten Halbleitermaterial und den Isolatorzusammensetzungen sowie der Sensorgeometrie lassen sich die parasitären Komponenten im Ersatzschaltbild vernachlässigen bzw. als konstant ansetzen. Insbesondere für  $C_i \gg C_{dl}$ ,  $R_s \ll R_{el}$ ,  $\omega C_i R_{el} \gg 1$  und im Falle der Anreicherung, d. h. für  $C_i \gg C_d$ , gilt in guter Näherung für die Impedanz des Leitfähigkeitssensors  $Z_{cel}$ :

$$Z_{cel} = R_{el} = K/\kappa_{el}, \text{ mit } K = \alpha P/A.$$

K beschreibt die Zellkonstante des Leitfähigkeitssensors, A ist die Oberfläche des Leitfähigkeitssensors und  $\alpha$  ist ein Korrekturfaktor für die inhomogene Feldverteilung zwischen den beiden Einzelsensoren  $T_1$  und  $T_2$  in Fig. 5(a).  $\kappa_{el}$  entspricht dann der Leitfähigkeit der Flüssigkeit im Kanal 3. Für den theoretischen Hintergrund siehe P. Jacobs, A. Varian, W. Sansen, "Design optimisation of planar electrolytic conductivity sensors", Medical & Biological Engineering & Computing, 1995, 802-810.

Ein fünftes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel entspricht in seiner prinzipiellen Anordnung den Ausführungsbeispielen 1 bis 4, mit dem Zusatz, daß neben der Bestimmung der beschriebenen physikalischen Parameter mittels gleichartiger chemisch-sensitiver Detektoren zusätzlich, insbesondere simultan chemische Parameter, wie die Ionen- oder Gaskonzentrationen ermittelt werden können.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen von Meßgrößen in einer Flüssigkeit

- mit einem Generator (1),
- mit mindestens einem Detektor (2) und
- mit einem die Flüssigkeit aufnehmenden Kanal (3),
- wobei der Generator (1) und der mindestens eine Detektor (2) zumindest teilweise in den Innenraum des Kanals (3) hineinragen und mit einem vorgegebenen Abstand (S) zueinander angeordnet sind, und

wobei der Generator (1) eine chemische Substanz (A) erzeugt, deren Konzentration der mindestens eine Detektor (2) zeitaufgelöst nachweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal (3) eine strömende Flüssigkeit führt und daß der Generator (1) strömungsaufwärts vom Detektor (2) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß mindestens zwei Detektoren (2, 4) vorgesehen sind, wobei mindestens ein Sensor (4) strömungsaufwärts des Generators (1) mit einem Abstand ( $S_1$ ) und mindestens ein Sensor (2) strömungsabwärts des Generators (1) mit einem Abstand ( $S_2$ ) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) eine die chemische Substanz (A) erzeugende Oberfläche aufweist, die sich über den Querschnitt des Kanals (3) quer zur Strömungsrichtung erstreckt, und daß der Detektor (2) eine Mehrzahl von entlang des Querschnittes des Kanals (3) quer zur Strömungsrichtung verteilt angeordneten Detektoren ( $D_1, \dots, D_n$ ) oder eine großflächige Oberfläche mit ortssensitiver Auflösung aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) eine Mehrzahl von entlang des Querschnittes des Kanals (3) verteilt angeordneten Generatoren ( $G_1, \dots, G_n$ ) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) und mindestens ein Detektor (2, 4) oder mindestens zwei Detektoren (2, 4) außerhalb des Kanals (3) über eine Spannungsversorgung (5) und vorzugsweise ein Strommeßgerät (6) elektrisch miteinander verbunden sind.

7. Verfahren zum Messen physikalischer Meßgrößen in einer Flüssigkeit, insbesondere mit Hilfe einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

- bei dem vom Generator zu einem Zeitpunkt ( $t_1$ ) eine chemische Substanz erzeugt wird,
- bei dem vom Detektor die Konzentration der chemischen Substanz zeitaufgelöst gemessen wird,
- bei dem ein Zeitpunkt ( $t_2$ ) bei Erreichen einer vom Detektor nachgewiesenen Konzentration oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes bestimmt wird, und
- bei dem die Zeitdifferenz ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ) bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem für eine strömende Flüssigkeit aus der gemessenen Zeitdifferenz ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ) und dem Abstand (S) zwischen Generator und Detektor die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit berechnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem aus dem bekannten Querschnitt des die strömende Flüssigkeit führenden Kanals und aus der Fließgeschwindigkeit die Flußrate berechnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem für eine im wesentlichen ruhende Flüssigkeit aus der gemessenen Zeitdifferenz ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ) und dem Abstand (S) zwischen Generator und Detektor die Diffusionsgeschwindigkeit in der Flüssigkeit berechnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem mit Hilfe zweier zu beiden Seiten in Fließrichtung beabstandet zum Generator angeordneten Detektoren die vom Generator erzeugte chemische Substanz gemessen wird und bei dem aus der zeitlichen Reihenfolge der an den Detektoren erzeugten Meßsignale die Fließrichtung bestimmt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Differenz der Meßsignale der beiden Detektoren gebildet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem mit Hilfe eines großflächigen Generators (G) oder einer Mehrzahl von innerhalb des Kanals räumlich verteilt angeordneten Generatoren ( $G_1, \dots, G_n$ ) die che-

## DE 199 01 041 A 1

7

8

mische Substanz erzeugt wird und bei dem mit Hilfe einer Mehrzahl von innerhalb des Kanals quer zur Strömungsrichtung räumlich verteilt angeordneten Detektoren ( $D_1, \dots, D_n$ ) die räumliche Verteilung der Zeitdifferenzen ( $\Delta t_1, \dots, \Delta t_n$ ) gemessen und das Fließgeschwindigkeitsprofil berechnet wird. 5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, bei dem der Generator und mindestens ein Detektor oder mindestens zwei Detektoren einer Vorrichtung nach Anspruch 6 als Elektroden verwendet werden und bei dem durch Anlegen einer elektrischen Wechselspannung an die Elektroden der Wechselstrom in der im Kanal enthaltenen ruhenden oder fließenden Flüssigkeit gemessen wird. 10

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem aus dem Wechselstromverhalten die Leitfähigkeit der Flüssigkeit berechnet wird. 15

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 15, bei dem mit Hilfe mindestens eines der Detektoren auch eine chemische Meßgröße gemessen wird. 20

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

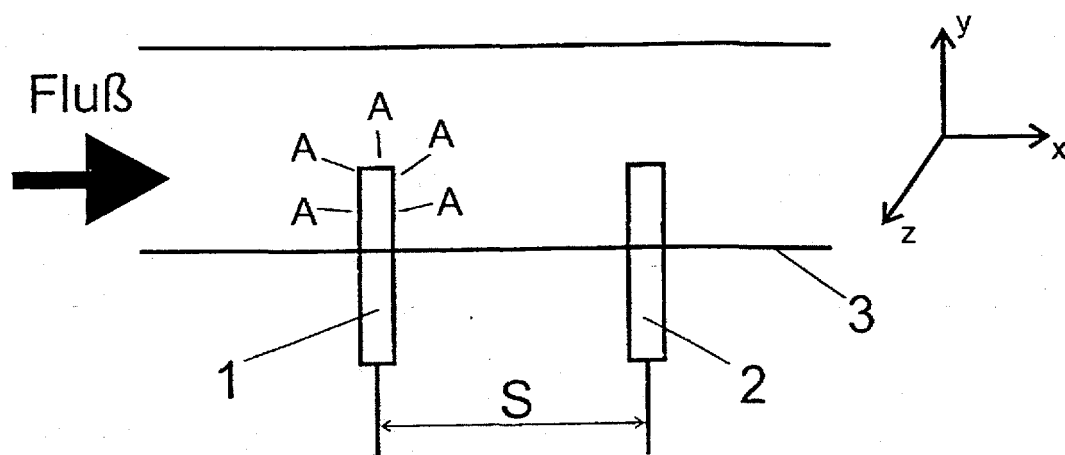
55

60

65

- Leerseite -

a)



b)

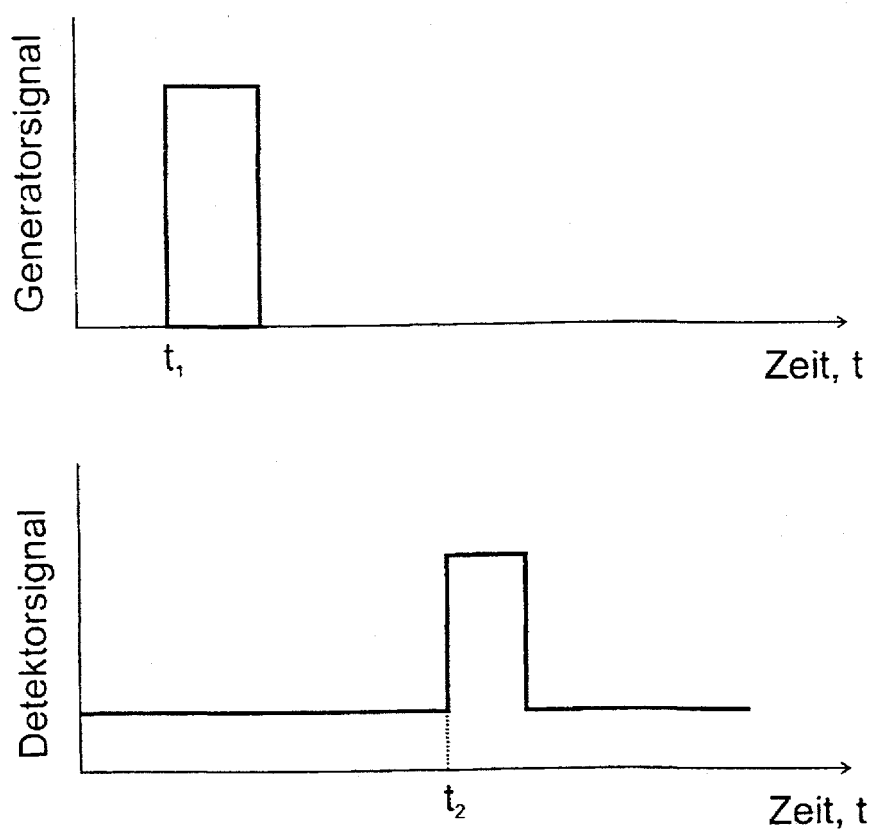


Fig. 1



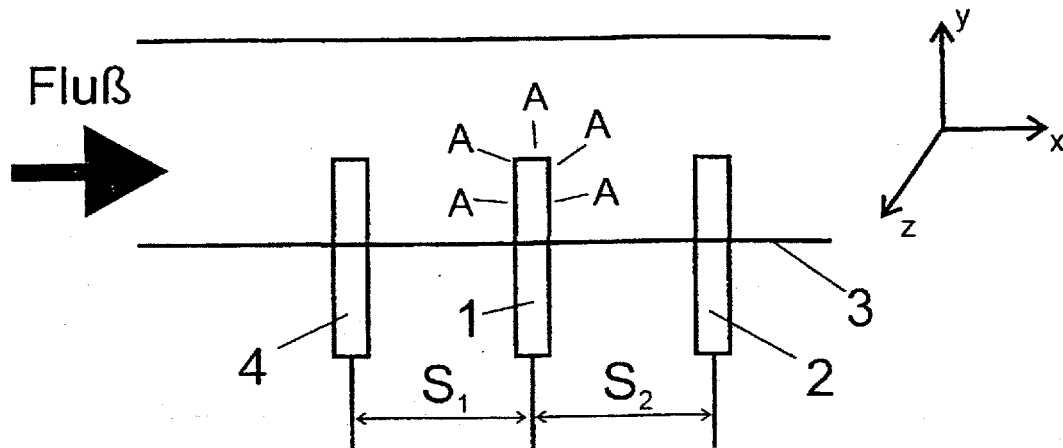


Fig. 2

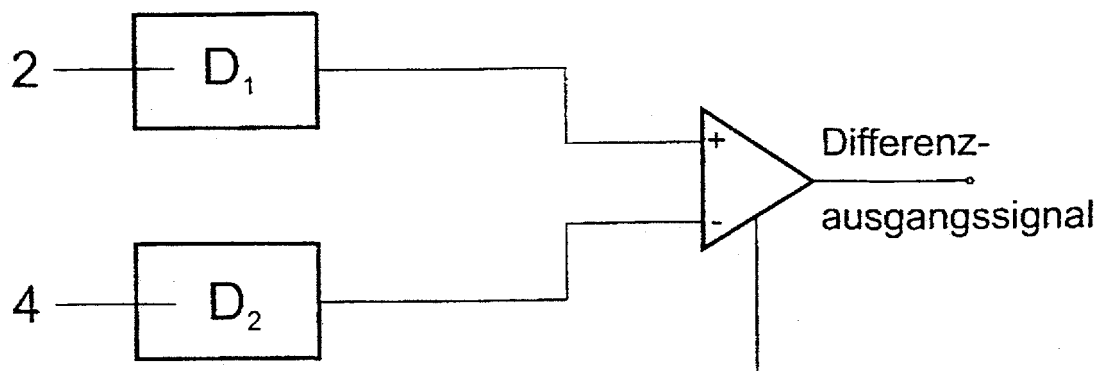


Fig. 3

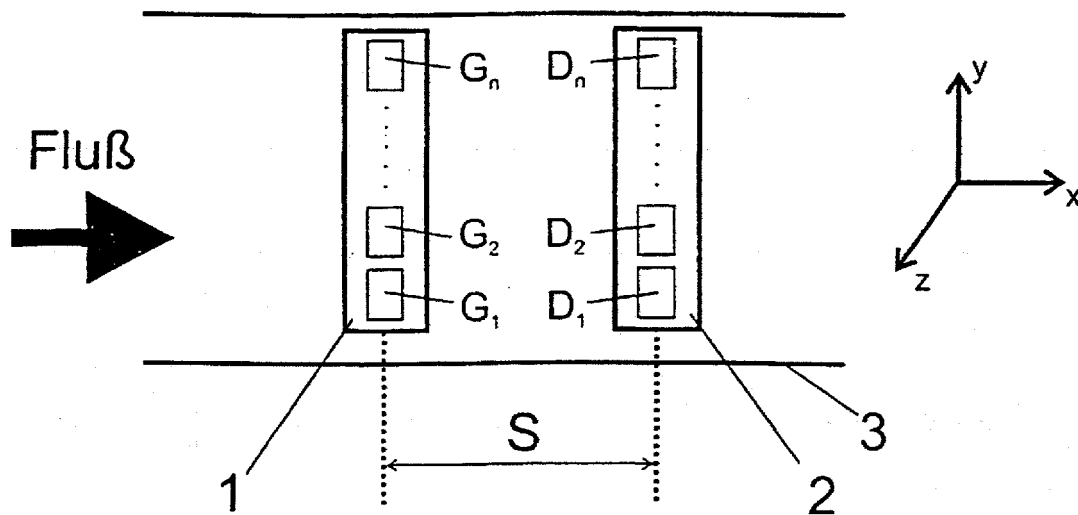
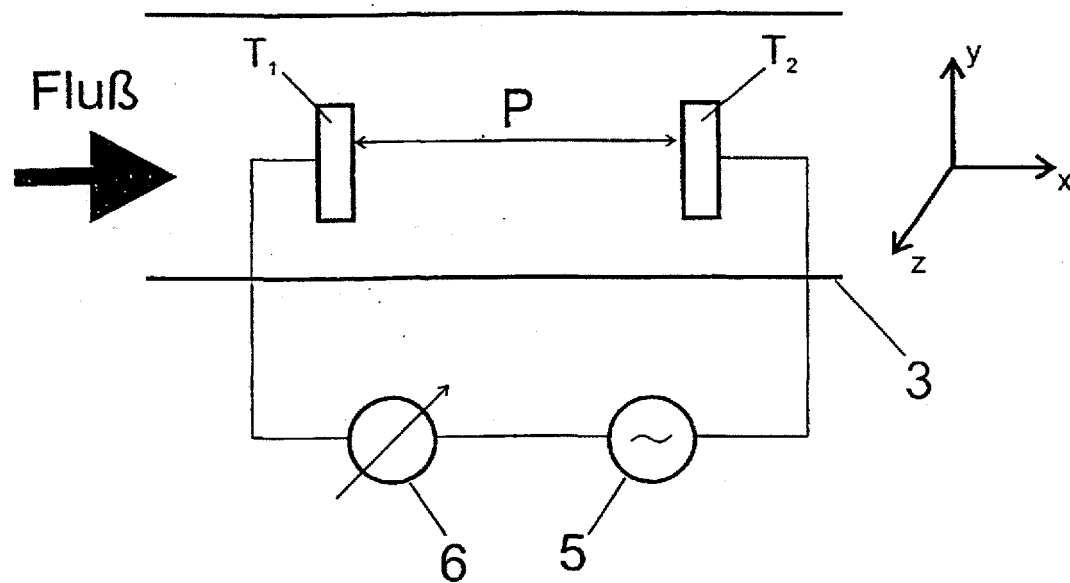


Fig. 4

a)



b)

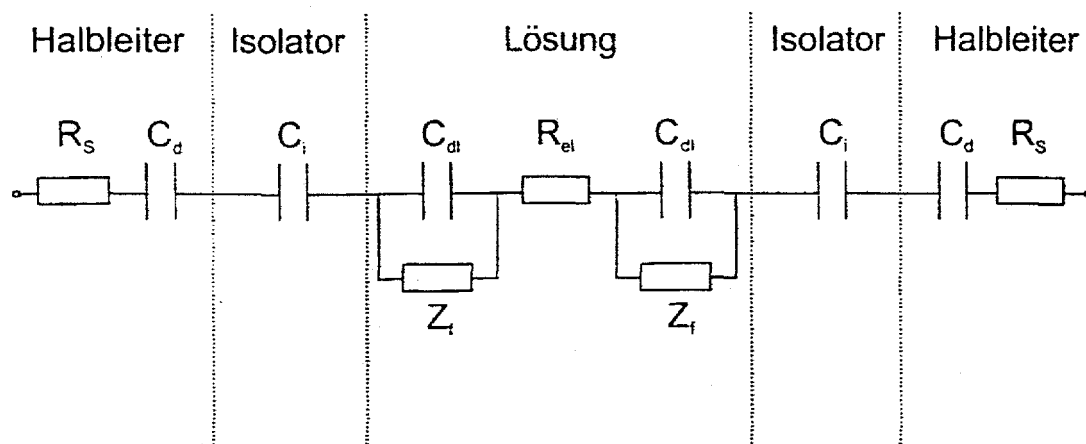


Fig. 5